



UNIVERSITI PUTRA MALAYSIA

**SISTEM PENJADUALAN WAKTU KULIAH FAKULTI DI UNIVERSITI
MENGUNAKAN TEKNIK ALGORITMA GENETIK**

FAHRUL HAKIM BIN AYOB

FSKTM 2000 4

**SISTEM PENJADUALAN WAKTU KULIAH FAKULTI DI UNIVERSITI
MENGUNAKAN TEKNIK ALGORITMA GENETIK**

Oleh

FAHRUL HAKIM BIN AYOB

**Tesis ini disediakan bagi Memenuhi Keperluan untuk Ijazah Master Sains di
Fakulti Sains Komputer dan Teknologi Maklumat
Universiti Putra Malaysia**

Julai 2000

Abstrak tesis yang dikemukakan kepada Senat Universiti Putra Malaysia sebagai memenuhi keperluan untuk Ijazah Master Sains.

**SISTEM PENJADUALAN WAKTU KULIAH FAKULTI DI UNIVERSITI
MENGUNAKAN TEKNIK ALGORITMA GENETIK**

Oleh

FAHRUL HAKIM BIN AYOB

Julai 2000

Pengerusi: Md. Nasir bin Sulaiman, Ph.D.

Fakulti: Sains Komputer dan Teknologi Maklumat

Penjadualan waktu kuliah ialah satu permasalahan penetapan masa dan tempat bagi sebilangan pengajaran kuliah. Penjadualan waktu ini hendaklah mematuhi beberapa kekangan yang telah disyaratkan seperti muatan dan lokasi bilik kuliah yang disediakan, waktu rehat dan lain-lain pertimbangan keperluan pensyarah, serta perkaitan antara kursus-kursus yang terlibat bagi menghasilkan jadual waktu yang *feasible*.

Pada mulanya penjadualan kuliah dilakukan secara manual walaupun cara tersebut sangat rumit, memerlukan dan memakan masa. Oleh sebab bilangan pensyarah, pelajar, bilik kelas dan subjek sering bertambah dari semasa ke semasa, maka masalah penjadualan menjadi semakin sukar untuk dilaksanakan. Justeru itu, Algoritma Genetik (AG) sebagai salah satu pendekatan heuristik dalam bidang

Kecerdasan Buatan yang terkenal dengan kebolehan untuk melakukan proses pengoptimuman sesuatu penyelesaian masalah yang kompleks telah dipilih untuk meringankan beban tugas penjadualan waktu ini. Hasilnya, satu sistem penjadualan waktu kuliah fakulti di universiti telah berjaya dibangunkan.

Dalam menghasilkan sistem jadual waktu kuliah yang bersifat umum dan tidak khusus bagi sesebuah institusi pengajian tinggi sahaja, bentuk struktur kromosom yang digunakan sebagai perwakilan penyelesaian masalah telah diubah. Bagi penjadualan waktu yang *feasible* pula, beberapa fungsi telah ditambah, seperti fungsi baik pulih genetik dan penapisan, di samping mengekalkan beberapa fungsi yang telah sedia ada.

Beberapa jenis pengujian telah dijalankan untuk menguji prestasi sistem yang telah dibangunkan. Keputusan ujian yang diperolehi telah dibanding dan dikaji. Daripada keputusan ujian tersebut, lebih daripada 70% individu mencapai tahap penyelesaian optimum adalah di bawah generasi yang ke-30. Keputusan itu bermakna bahawa sistem jadual waktu kuliah yang dibangunkan ini telah berjaya menunjukkan keberkesanan proses pengoptimuman dengan menggunakan teknik AG pada awal larian sistem.

Abstract of thesis presented to the Senate of University Putra Malaysia in fulfilment of the requirements for the degree of Master of Science.

**LECTURE TIMETABLING SYSTEM FOR FACULTY IN UNIVERSITY BY
USING GENETIC ALGORITHMS TECHNIQUE**

By

FAHRUL HAKIM BIN AYOB

July 2000

Chairman: Md Nasir bin Sulaiman, Ph. D.

Faculty: Computer Science and Information Technology

Lecture timetabling is the problem of assigning times and places to many separate lectures. This timetabling ought to satisfy the constraints concerning capacities and locations of available rooms, free time needs and other such considerations for lecturers, and relationships between particular courses in order to produce a feasible timetable.

Initially, timetable scheduling was done manually. The way of this task being performed could be very difficult, painful and time-consuming. As time goes by, due to the increasing number of lecturers, students, rooms and subjects, the task became more difficult and complicated to solve. Due to these reasons, Genetic Algorithms, a well-known powerful heuristics method in Artificial Intelligence regards the optimization of the solution of the sophisticated problem is selected to ease such task. As a result, a lecture timetabling system at the faculty level has been successfully developed.

In order to produce a general lecture timetabling system which globally can be used by other higher learning institutions, the structure form of the chromosome is altered. In order to manage towards the feasibility of a timetable, several functions in Genetic Algorithms such as genetic repair and filtration have been inserted along with other common functions.

Several tests were conducted for the evaluation of the system's performance. The results of these tests were compared and analysed. From the results, more than 70% of individuals had achieved the optimal solution below the 30th generation. These results indicate that this genetic algorithms-based timetabling system has succeeded in the optimization process at the early stage of the system-running.

PENGHARGAAN

*Bismillahirrahmanirrahim, Dengan Nama Allah, Tuhan Yang Maha Pemurah Lagi
Maha Bijaksana*

Alhamdulillah, segala puji-pujian bagi Allah S.W.T, Tuhan yang senantiasa melimpahkan rahmat Nya dan sembah salam ke atas junjungan besar Nabi Muhammad S.A.W beserta keluarganya dan para sahabat semoga Allah sentiasa merahmati roh mereka.

Di sini saya ingin meluahkan kesyukuran yang tidak terhingga ke hadrat Ilahi kerana dengan izin dan ihsan Nya maka kajian dan tesis yang berjudul “Sistem Penjadualan Waktu Kuliah Fakulti di Universiti Menggunakan Teknik Algoritma Genetik” dapat disiapkan dengan jayanya.

Sehubungan itu, saya ingin merakamkan jutaan terima kasih yang tidak terhingga kepada penyelia kajian ini iaitu Dr. Md. Nasir bin Sulaiman yang telah sudi menyelia dan memberikan kerjasama semasa menjayakan tesis ini. Begitu juga kepada ahli jawatankuasa lain yang terdiri daripada Dr. Mohamed Othman dan Encik Razali Yaakob atas segala komen serta pandangan yang telah diberikan. Tidak lupa juga ucapan terima kasih kepada Encik Azman Yasin, pensyarah UUM dan pelajar beliau saudara Nasaruddin Abdullah yang sanggup meluangkan masa memberikan tunjuk ajar dan bantuan di awal tempoh kajian.

Penghargaan ini juga ditujukan khas kepada pihak Universiti Putra Malaysia di Serdang kerana membiayai segala keperluan dalam tempoh pengajian saya di sini.

Buat yang teristimewa dan yang dikasihi, iaitu ibu saya (Zabedah Bte. Mohamed) dan bapa (Ayob bin Hassan) diucapkan terima kasih atas segala pengorbanan kalian selama ini. Tidak lupa juga penghargaan ini ditujukan khas kepada arwah nenda-nenda saya iaitu Yang Safwi bte. Hj. Ahmad, Mohd Sabri dan Hassan Samad yang sebelum ini sentiasa mendoakan, memberi dorongan, sokongan serta semangat kepada saya.

Akhir sekali dan yang tidak pernah luput dalam ingatan, terima kasih ini ditujukan khas kepada rakan seperjuangan, sahabat-handai terutama rakan serumah iaitu saudara Dolmat dan K. Goten yang menjadikan tempoh kajian ini sebagai tempoh yang sungguh menggembirakan dan menceriakan. Mudah-mudahan Allah akan senantiasa memberkati kehidupan kalian semua.

Wassalam.

Sekian, terima kasih.

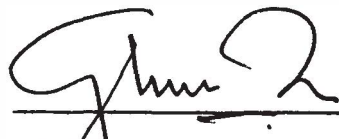
Saya mengesahkan bahawa Jawatankuasa Pemeriksaan bagi Fabrul Hakim b. Ayob telah mengadakan pemeriksaan akhir pada 24 Julai 2000 untuk menilai tesis Master Sains beliau yang bertajuk “Sistem Penjadualan Waktu Kuliah Fakulti di Universiti Menggunakan Teknik Algoritma Genetik” mengikut Akta Universiti Pertanian Malaysia (Ijazah Lanjutan) 1980 dan Peraturan-Peraturan Universiti Pertanian Malaysia (Ijazah Lanjutan) 1981. Jawatankuasa Pemeriksaan memperakukan bahawa calon ini layak untuk dianugerahkan ijazah tersebut. Anggota Jawatankuasa Pemeriksaan adalah seperti yang berikut:

Hamidah bte. Ibrahim, Ph.D
Pensyarah,
Fakulti Sains Komputer dan Teknologi Maklumat,
Universiti Putra Malaysia.
(Pengerusi)

Md. Nasir bin Sulaiman, Ph.D
Pensyarah,
Jabatan Sains Komputer,
Fakulti Sains Komputer dan Teknologi Maklumat,
Universiti Putra Malaysia.
(Ahli)

Mohamed Othman, Ph.D
Pensyarah,
Jabatan Teknologi Komunikasi dan Rangkaian,
Fakulti Sains Komputer dan Teknologi Maklumat,
Universiti Putra Malaysia.
(Ahli)

Razali bin Yaakob, MSc.
Pensyarah,
Jabatan Sains Komputer,
Fakulti Sains Komputer dan Teknologi Maklumat,
Universiti Putra Malaysia.
(Ahli)



MOHD. GHAZALI MOHAYIDIN, Ph.D,
Profesor/Timbalan Dekan Pusat Siswazah,
Universiti Putra Malaysia.

Tarikh: **11 SEP 2000**

Tesis ini telah diserahkan kepada Senat Universiti Putra Malaysia dan telah diterima sebagai memenuhi syarat keperluan untuk Ijazah Master Sains.



KAMIS AWANG, Ph.D,
Profesor Madya,
Dekan Pusat Pengajian Siswazah,
Universiti Putra Malaysia.

Tarikh: **11 NOV 2000**

Saya mengaku bahawasanya segala isi kandungan tesis ini adalah berdasarkan hasil karya saya yang asli kecuali beberapa hasil karya orang lain yang telah dimaklumkan. Saya juga mengaku bahawa hasil karya saya ini tidak pernah dihantar untuk ijazah lain di UPM atau di institusi pengajian tinggi selain daripada UPM.



Fahrul Hakim bin Ayob

11 / 9 / 2000

KANDUNGAN

	Halaman
ABSTRAK	2
ABSTRACT	4
PENGHARGAAN	6
LEMBARAN PENGESAHAN	8
PERNYATAAN KEASLIAN	10
SENARAI JADUAL	14
SENARAI RAJAH	17
SENARAI NAMA SINGKATAN	19
 BAB	
 I PENDAHULUAN	
Pengenalan	20
Pernyataan Masalah	20
Objektif Kajian	25
Skop Kajian	25
Organisasi Tesis	26
 II KAJIAN LITERATUR	
Pengenalan	28
Definisi Jadual Waktu	28
Perbezaan Jenis Jadual Waktu	29
Formula Asas Pernyataan Masalah	30
Pendekatan Heuristik	32
Kaedah SA	32
Kaedah Pencarian <i>Tabu</i>	33
Pendekatan Penyelidikan Operasi	34
Teknik Pengaturcaraan Matematik	35
Teknik Pengaturcaraan Dinamik	35
Teknik <i>Branch and Bound</i>	35
Pendekatan Kecerdasan Buatan	36
Kaedah Pengaturcaraan Logik Kekangan	36
Kaedah Sistem Pakar	37
Kaedah Rangkaian Neural	39
Kaedah Aliran Rangkaian	39
Kaedah Pewarnaan Graf	41
Kaedah AG	42
Kelebihan AG	43

III	ALGORITMA GENETIK (AG)	
	Pengenalan	46
	AG Secara Ringkas	46
	AG Secara Terperinci	47
	Calon Penyelesaian masalah	49
	Aliran Kawalan AG	49
	Algoritma Proses AG	50
	Penjanaan Populasi Awal	51
	Pengeluaran Semula Generasi	51
	Pemilihan Induk	51
	Penyilangan	55
	Mutasi	58
	Songsangan	60
	Kos Fungsi Objektif dan Kos Fungsi Kecergasan	61
	Ringkasan	63
IV	METODOLOGI SISTEM	
	Pengenalan	64
	Latar Belakang Kajian Kes	65
	Perwakilan Penyelesaian Masalah: Kromosom	65
	Penyediaan Jadual Waktu	70
	Pengkhususan Tempat	70
	Pengumpulan Data	72
	Pembentukan Kod Data	73
	Pengesahan Sistem	77
	Ringkasan	78
V	PELAKSANAAN SISTEM	
	Pengenalan	79
	Kekangan Sistem	79
	Masalah Penyelesaian	80
	Skrin Input	81
	Pelaksanaan Proses AG	83
	Penjanaan Populasi Awal	85
	Pengiraan Statistik Kecergasan	86
	Pemilihan Induk	92
	Penyilangan	93
	Mutasi	94
	Baik Pulih Genetik	96
	Penggantian Generasi	99
	Laporan	102
	Ringkasan	104

VI	PENGUJIAN SISTEM	
	Pengenalan	105
	Jenis Ujian	106
	Ujian Bilangan Generasi	106
	Ujian Saiz Populasi	108
	Ujian Kadar Penyilangan	110
	Ujian Kadar Mutasi	112
	Ujian Kombinasi Penyilangan-Mutasi	114
	Ujian Bilangan Bilik Kuliah	117
	Ringkasan	129
VII	KESIMPULAN DAN CADANGAN PENYELIDIKAN LANJUTAN	
	Kesimpulan	125
	Cadangan Penyelidikan Lanjutan	126
	BIBLIOGRAFI	127
	LAMPIRAN	
A	Istilah-Istilah Teknik Penjadualan Waktu	131
B	Skrin Input	133
C	Contoh Output Jadual Waktu	134
D	Contoh Output Fail <i>stat.out</i>	135
E	Contoh Output Fail <i>main.out</i>	138
F	Contoh Data Fail <i>gsk.dat</i>	142
G	Contoh Data Fail <i>subject.dat</i>	143
H	Contoh Data Fail <i>lect.dat</i>	144
I	Program Fungsi Utama	145
	BIODATA PENULIS	156

SENARAI JADUAL

Jadual	Halaman
3.1 Kromosom Berserta Nilai Kecergasan Masing-masing	54
4.1 Pengasingan Subjek yang diterima dan yang digugurkan	72
4.2 Pembentukan Kod Pensyarah	73
4.3 Pembentukan Kod Subjek	74
4.4 Pembentukan Kod PS	75
5.1 Pangkalan Data PS yang Berjumlah Tiga Kod	82
5.2 Pangkalan Data Pensyarah yang Berjumlah Empat Kod	82
5.3 Pangkalan Data Subjek yang Berjumlah Lima Kod	83
5.4 Jadual Waktu Hari Isnin yang diwakili oleh Jujukan Kod PS	86
5.5 Jadual Waktu Sebelum Mutasi	95
5.6 Jadual Waktu Sesudah Mutasi	95
5.7 Keadaan KFK Individu Sebelum Penggantian Generasi	101
5.8 Keadaan KFK Individu Setelah Penggantian Generasi	101
5.9 Sebahagian Jadual Waktu daripada Fail <i>table.out</i>	102
5.10 Output Sebahagian Kecil Fail <i>stat.out</i>	103
5.11 Output Sebahagian Kecil Fail <i>main.out</i>	103
6.1 Parameter Ujian Bilangan Generasi	106
6.2 Keputusan Siri Ujian 1 Bilangan Generasi	107

6.3	Keputusan Siri Ujian 2 Bilangan Generasi	107
6.4	Keputusan Siri Ujian 3 Bilangan Generasi	107
6.5	Parameter Ujian Saiz Populasi	108
6.6	Keputusan Siri Ujian 1 Saiz Populasi	109
6.7	Keputusan Siri Ujian 2 Saiz Populasi	109
6.8	Keputusan Siri Ujian 3 Saiz Populasi	109
6.9	Parameter Ujian Kadar Penyilangan	110
6.10	Keputusan Siri Ujian 1 Kadar Penyilangan	111
6.11	Keputusan Siri Ujian 2 Kadar Penyilangan	111
6.12	Keputusan Siri Ujian 3 Kadar Penyilangan	111
6.13	Parameter Ujian Kadar Mutasi	112
6.14	Keputusan Siri Ujian 1 Kadar Mutasi	113
6.15	Keputusan Siri Ujian 2 Kadar Mutasi	113
6.16	Keputusan Siri Ujian 3 Kadar Mutasi	113
6.17	Parameter Ujian Kombinasi Penyilangan-Mutasi	114
6.18	Keputusan Siri Ujian 1 Kombinasi Penyilangan-Mutasi	115
6.19	Keputusan Siri Ujian 2 Kombinasi Penyilangan-Mutasi	115
6.20	Keputusan Siri Ujian 3 Kombinasi Penyilangan-Mutasi	115
6.21	Keputusan Siri Ujian 4 Kombinasi Penyilangan-Mutasi	116
6.22	Keputusan Siri Ujian 5 Kombinasi Penyilangan-Mutasi	116
6.23	Keputusan Siri Ujian 6 Kombinasi Penyilangan-Mutasi	116

6.24	Parameter Ujian Bilik Kuliah	118
6.25	Keputusan Siri Ujian 1 Bilangan Bilik Kuliah	118
6.26	Keputusan Siri Ujian 2 Bilangan Bilik Kuliah	118
6.27	Keputusan Siri Ujian 3 Bilangan Bilik Kuliah	118

SENARAI RAJAH

Rajah	Halaman
1	Pembentukan Struktur Kromosom Penjadualan Waktu Sekolah 22
2	Pembentukan Struktur Kromosom Penjadualan Waktu Kuliah 24
3	Algoritma Fungsi Utama Proses AG 50
4	Perwakilan Garisan Lurus Sebagai Skalar Kecergasan Kromosom 53
5	Skalar Mewakili Kecergasan bagi Sekumpulan Kromosom 54
6	Graf Perkadaran Songsang antara KFK dan KFO 61
7	Kromosom yang Mewakili Jadual Waktu Hari Isnin 62
8	Model Ringkas Suatu Kromosom 65
9	Pengumpulan Kod PS yang telah dijana ke dalam Kromosom 66
10	Saiz Populasi adalah Tetap pada Setiap Generasi 67
11	Carta Aliran Kromosom dalam Proses AG 69
12	Pengasingan Blok-blok Jadual Waktu 71
13	Fail-fail yang dirujuk oleh Sistem 75
14	Carta Aliran Proses AG 84
15	Algoritma Penjanaan Populasi Awal 85
16	Individu yang Terhasil Selepas Penjanaan Populasi Awal 86
17	Algoritma Pengiraan Kos Pertembungan Pensyarah 88

18	Algoritma Pengiraan Kos Pertembungan Subjek	89
19	Algoritma Pengiraan Kos Pengulangan <i>Pensyarah-subjek</i>	90
20	Algoritma Pemilihan Induk	92
21	Algoritma Proses Penyilangan	93
22	Skalar Mewakili Kawasan Kebarangkalian Penyilangan	94
23	Algoritma Proses Mutasi	95
24	Algoritma Fungsi Menjarakkan Subjek	97
25	Algoritma Fungsi Penghalang Pertembungan	98
26	Algoritma Fungsi Penjejakan Semula	99
27	Algoritma Fungsi Penapisan	100

SENARAI NAMA SINGKATAN

AG	Algoritma Genetik
KFK	Kos Fungsi Kecergasan
KFO	Kos Fungsi Objektif
PLK	Pengaturcaraan Logik Kekangan
SA	Simulated Annealing

BAB I

PENDAHULUAN

Pengenalan

Keupayaan Algoritma Genetik (AG) dalam proses pengoptimuman sesuatu penyelesaian masalah telah memberikan sumbangan yang amat besar dalam bidang kecerdasan buatan walaupun masih pada peringkat eksperimen, dan keputusannya sukar untuk diramalkan (Gyuri,1995). Dalam hal ini, AG dilihat sebagai satu paradigma yang berguna untuk mendapatkan satu set penyelesaian yang terbaik dan diilhamkan daripada pengkajian terhadap proses semula jadi (Colorni *et al.*, 1996). Terdapat banyak penyelesaian masalah yang dapat dioptimumkan dengan menggunakan teknik AG ini. Salah satu daripadanya ialah penyelesaian masalah sistem penjadualan waktu kuliah di universiti.

Pernyataan Masalah

Sebelum penggunaan komputer secara meluas, penjadualan waktu pengajian dilakukan secara manual dengan melakar satu draf kasar jadual waktu. Pada minggu berikutnya, draf kasar jadual waktu tersebut akan dipinda jika terdapat sebarang aduan daripada pihak pensyarah mahupun pihak pelajar tentang pertembungan masa atau perasaan tidak puas hati daripada kedua-dua belah pihak. Oleh itu, penjadualan secara manual dikatakan sangat rumit dan memakan masa yang agak lama untuk diselesaikan. Keadaan menjadi semakin buruk jika terdapat beberapa entiti seperti

pensyarah, pelajar, kelas dan subjek sering mengalami perubahan dari masa ke masa. Dengan kecanggihan teknologi komputer dan penemuan teknik AG yang dapat membantu dalam proses pengoptimuman sesuatu penyelesaian masalah, tugas penjadualan waktu pengajian dapat diselesaikan dengan mudah dan pantas.

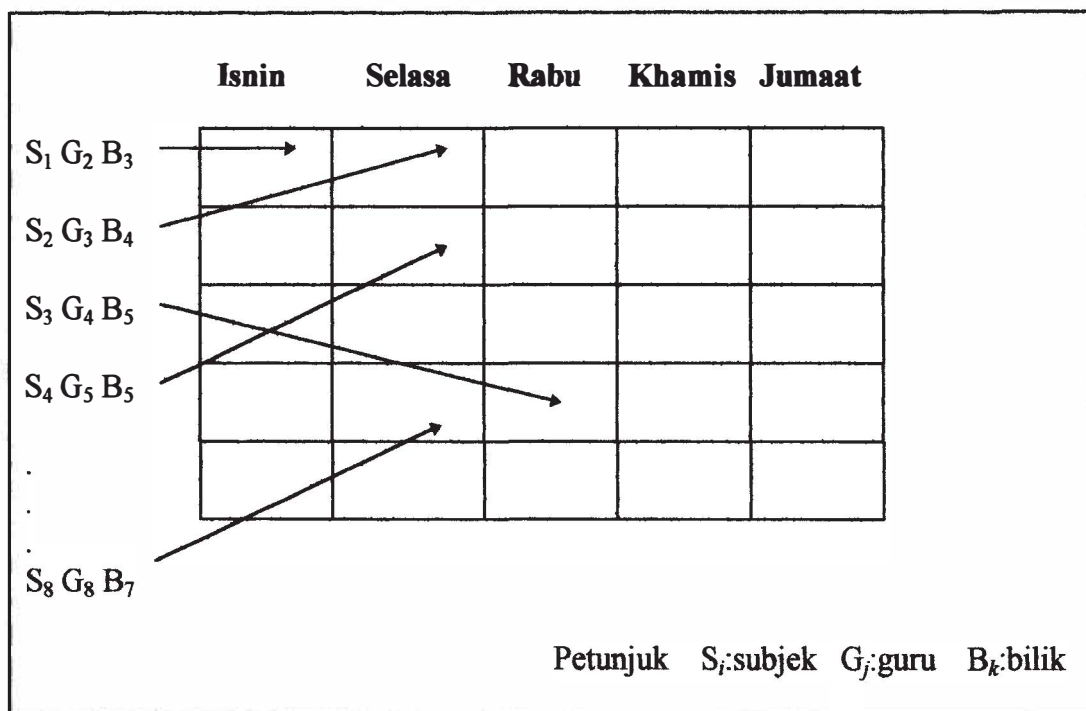
Masalah penjadualan waktu pengajian ialah masalah untuk menetapkan masa dan tempat bagi kelas-kelas yang berasingan di samping berusaha untuk mematuhi kekangan-kekangan yang berkaitan dengan lokasi bilik kelas, pertimbangan waktu kelas pengajaran yang akan diadakan, dan perkaitan antara waktu mengajar dengan subjek yang diajar. Namun begitu, masalah utama penjadualan waktu ini adalah untuk mengelakkan pertembungan berlaku antara guru atau pensyarah. Contohnya penjadualan yang mengelakkan seseorang guru daripada mengajar dua buah bilik kelas pada sesuatu masa (serentak). Tidak setakat itu sahaja, masalah pertembungan jadual waktu dalam kalangan pelajar juga harus diambil kira. Contohnya, seseorang pelajar mungkin tidak dibenarkan mengambil sesuatu subjek yang telah dijadualkan pada waktu yang sama dengan subjeknya yang lain (Schaerf, 1995).

Pada umumnya, penjadualan waktu pengajian terbahagi kepada dua jenis, iaitu penjadualan waktu sekolah dan penjadualan waktu kuliah di universiti. Sebelum perbincangan tentang masalah penjadualan waktu kuliah dimulakan, masalah penjadualan waktu sekolah hendaklah dikaji terlebih dahulu sebagai asas permasalahan penjadualan waktu kuliah.

Di sekolah, bilik kelas ditetapkan untuk sekumpulan pelajar bagi suatu tempoh masa. Contohnya, bilik kelas bagi pelajar tingkatan 1 ditetapkan di tingkat paling bawah sesebuah bangunan untuk tempoh setahun. Maka semua pelajar tingkatan 1 akan mengikuti pelajaran mereka di dalam bilik kelas yang telah ditetapkan itu. Oleh itu, slot jadual waktu sekolah biasanya diwakili oleh kromosom

yang mengandungi gen yang menyimpan semua maklumat seperti subjek, guru, dan bilik yang telah ditetapkan (Abramson dan Abela, 1992). Rajah 1 menunjukkan pembentukan struktur kromosom penjadualan waktu sekolah.

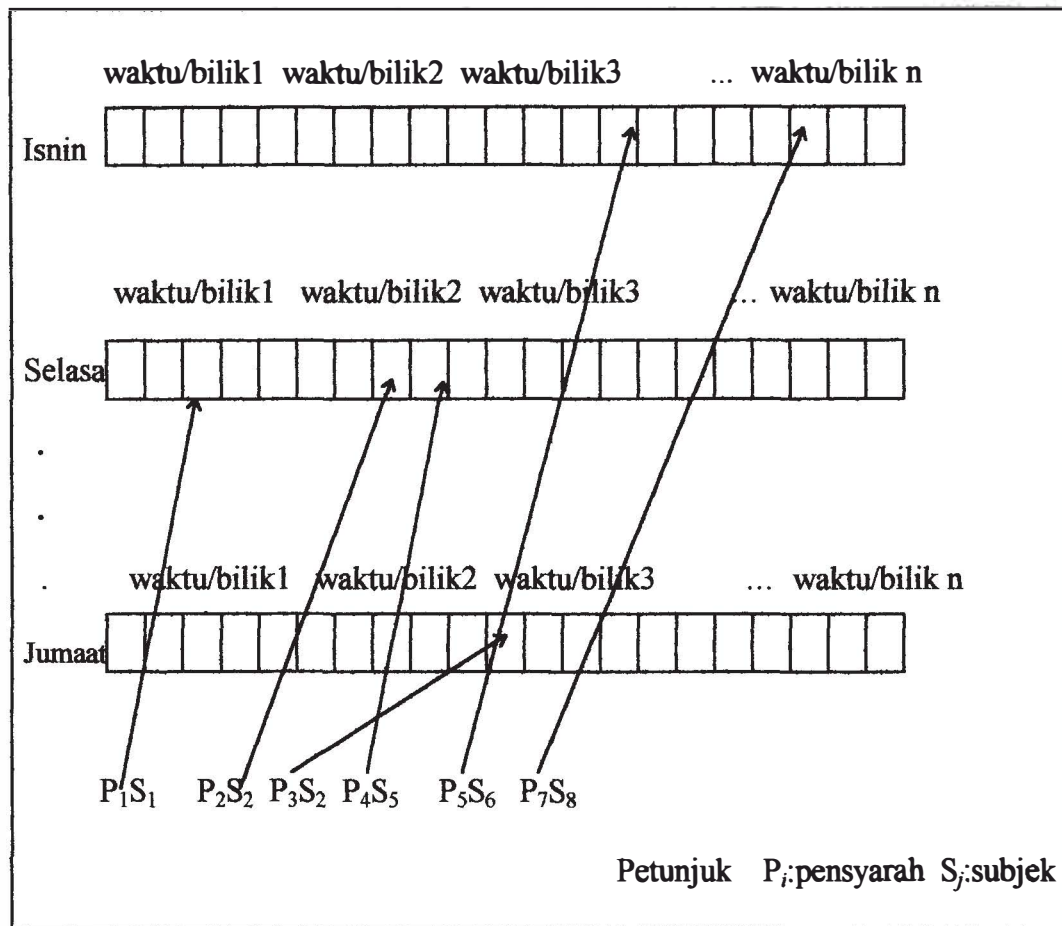
Namun begitu, pembentukan struktur kromosom begini boleh mengakibatkan dua pertembungan yang akan dihadapi oleh sistem penjadualan waktu tersebut. Pertembungan yang dimaksudkan itu mengakibatkan sesebuah bilik kelas akan digunakan oleh lebih daripada seorang guru dan seorang guru akan mengajar lebih daripada sebuah bilik kelas pada sesuatu masa.



Rajah 1: Pembentukan Struktur Kromosom Penjadualan Waktu Sekolah

Universiti pula lazimnya tidak menetapkan bilik kuliahnya untuk sekumpulan pelajar yang tertentu seperti di sekolah. Memang menjadi fenomena biasa jika sesebuah bilik kuliah di universiti sering bertukar kumpulan pelajar dalam sesuatu hari.

Oleh yang demikian, bagi penjadualan waktu kuliah, bilik dan waktu boleh diwakili oleh kromosom yang mengandungi gen yang menyimpan maklumat seperti subjek dan pensyarah sahaja (Rajah 2). Dengan pembentukan struktur kromosom begini (iaitu tiada penetapan bilik kuliah untuk waktu kelas pengajaran tertentu), pembangunan perisian sistem jadual waktu kuliah yang bersifat umum dan tidak khusus pada sesebuah fakulti di institusi pengajian tinggi akan menjadi lebih mudah dan senang. Malahan pembentukan struktur kromosom tersebut dapat mengelakkan sesebuah bilik kuliah daripada mempunyai lebih daripada seorang pensyarah pada sesuatu masa.



Rajah 2: Pembentukan Struktur Kromosom Penjadualan Waktu Kuliah